大電力超短パルスマイクロ波による絶縁破壊の誘発

非会員 脇坂 隆 浩 (姫路工大)

正員 八 東 充 保 (姫路工大)

正員 信 原 貞 男 (姫路工大)

Air Breakdown Triggered by a High-Power, Ultra-Short-Pulse Microwave
 Takahiro Wakisaka, Non-Member, Mitsuyasu Yatsuzuka, Member, Sadao Nobuhara, Member
 (Himeji Institute of Technology)

キーワード：大電力パルスマイクロ波，マイクロ波誘发放電，マイクロ波誘雷，絶縁破壊，バーカトル

1. はじめに

近年，大強度相対論的電子ビームを用いた大電力マイクロ波 (High Power Microwave: HPM) 源の開発が精力的に進められ，ピーク出力が 1GW を越える HPM 源も出現している。^(1, 2) 姫路工大では，HPM 源の 1 つであるバーカトルの開発研究を行い，出力 20MW，周波数 12GHz，パルス幅 14nsec のマイクロ波を発生した。⁽³⁾

一方，レーザ光を雷雲に向けて照射し，雷を接地塔へ導くレーザ誘雷の研究が盛んである。もし，レーザ光の代わりにマイクロ波を使用することができれば，マイクロ波はより広範囲の雷雲に向かって照射することができるほか，雷雲や雨などによる減衰が少ないため，効果的な誘雷が期待できる。本報告は，マイクロ波誘雷および消雷の可能性を検討するため，大電力マイクロ波パルスによる絶縁破壊誘発実験を行った結果を示す。

2. 実験装置と方法

図 1 に装置の概略を示す。マイクロ波は，姫路工大のパルスパワー装置“HARIMA-II”を用い，バーカトルで発生した。発生したマイクロ波は円形導波管終端の円錐ホーンを介して，誘電体レンズで収束し，ステンレス製真空容器内に入射した。放電電極には先端のとがった針電極（棒の直径 7mm，先端角 19.3°）と平板電極（直径 60mm の円板，厚さ 10mm）を用い，電極間距離は 15mm とした。動作ガスには空気を用い，放電の様子はポラロイドカメラを用いて観測した。

はじめに，マイクロ波を照射しない状態で，針電極先端のコロナ開始電圧 (V_c)，および，電極間の絶縁破壊電圧が起こる電圧 (V_B) を測定した。次に，電極間に V_B 未満の電圧を印加しておき，そこにマイクロ波を入射して絶縁破壊誘

図 1 実験装置図

Fig. 1. Schematic of experimental setup.

発の有無を調べた。ガス圧力は，雷雲が発生すると考えられるガス圧力 200~500Torr を中心に，100Torr から大気圧まで変化させた。

3. 実験結果

図 2 は，針電極を負極性にした場合のガス圧力と電極間電圧の関係を示す。ただし，■および●は，それぞれマイクロ波を入射しない状態でのコロナ開始電圧および絶縁破壊電圧を示す。○はマイクロ波を入射したとき絶縁破壊が誘発される電極間電圧の下限値である。したがって，斜線をつけた領域がマイクロ波によって絶縁破壊が誘発される領域を示す。図 2 から，ガス圧力が 100Torr から大気圧までの領域で，マイクロ波による絶縁破壊が誘発されることがわかる。なお，ガス圧力が 100~150Torr の領域は，コロナ開始電圧以下の印加電圧でもマイクロ波による絶縁破壊が起こる。

図 3 は，マイクロ波で絶縁破壊が誘発された電極間電圧

の下限值(V_M)と絶縁破壊電圧(V_B)の比をガス圧力に対してプロットしたものである。同図で、○は負極性、●は正極性を示す。ガス圧力が 300Torr以下の領域では、両極性とも、ガス圧力の増加とともに V_M/V_B は増大している。正極性の場合 V_M/V_B 値は、負極性の場合より大きく、ガス圧力が 350Torrを越えるとマイクロ波による絶縁破壊の誘発は起らない。以上の結果から、負極性が正極性に比べてマイクロ波による絶縁破壊が誘発しやすいことがわかる。これは、負極性ではコロナ放電で生成された電子が電極間に多数存在することに起因すると考えられる。

図2 負極性の場合のマイクロ波による絶縁破壊誘発作用
Fig.2. Microwave-induced breakdown voltage for the negative polarity.

図3 マイクロ波による絶縁破壊誘発の極性効果。ただし、 V_B は絶縁破壊開始電圧、 V_M はマイクロ波で絶縁破壊が誘発された電極間電圧の下限值
Fig.3. Microwave-induced breakdown voltage normalized by DC breakdown voltage, where V_B is the DC breakdown voltage and V_M is the minimum microwave-induced breakdown voltage.

4. まとめ

ピーク電力 20MW, パルス幅 14nsec, 周波数 12GHzの大電力マイクロ波パルスを、絶縁破壊電圧以下の直流電圧を印加した針-平板電極間に照射し、マイクロ波による絶縁破壊誘発実験を行い、以下の結果が得られた。

(1)ガス圧力が 100~150Torrの領域では、正および負の両極性とも、コロナ開始電圧以下の印加電圧で、マイクロ波による絶縁破壊が誘発される。

(2)負極性では、コロナ放電が存在すると、150Torrから大気圧までマイクロ波による絶縁破壊の誘発が起こる。

(3)負極性の方が正極性よりマイクロ波による絶縁破壊が誘発されやすく、正極性の場合には、ガス圧力が 350Torr以上ではマイクロ波による絶縁破壊の誘発は起らない。

以上の結果から、雷雲内に前駆放電などによって生成された電子が多数存在するか、あるいは、さらに、大電力のHPM源を用いれば、マイクロ波による誘雷または消雷が十分可能であると考えられる。

(平成7年11月13日受付)

文献

- (1) V. L. Granatstein and I. Alexeff, "High-Power Microwave Sources" (Artech House, Boston, 1987).
- (2) J. Benford and J. Swegle: "High-Power Microwave" (Artech House, Norwood, 1992).
- (3) M. Yatsuzuka, et al.: IEEE Trans. on Plasma Science, **22**, 939(1994).

脇坂 隆浩 (非会員) 1972年1月24日生。1994年3月姫路工業大学電気工学科卒業。同年4月同大学大学院工学研究科修士課程入学。現在に至る。大電力マイクロ波パルスによる絶縁破壊誘発の研究に従事。日本物理学会会員。

八束 充保 (正員) 1941年4月29日生。1967年徳島大学大学院工学研究科修士課程修了。同年姫路工業大学電気工学科に勤務、現在助教授。工学博士。主として、プラズマ物理、大電力マイクロ波発生、大強度パルスイオンビームに関する研究に従事。日本物理学会、プラズマ・核融合学会、IEEE会員。

信原 貞男 (正員) 1932年7月3日生。1955年3月姫路工業大学電気工学科卒業。同年11月同大学電気工学科に勤務、現在教授。工学博士。主として、交流アークの再点弧現象、プラズマ工学、大強度粒子ビーム工学に関する研究に従事。日本物理学会、溶接学会、プラズマ・核融合学会会員。